

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2750658

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, АРМИРОВАННОГО КАРБИДОМ БОРА

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Бажин Владимир Юрьевич (RU), Алаттар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир (RU), Шариков Феликс Юрьевич (RU)*

Заявка № 2020141495

Приоритет изобретения 16 декабря 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 30 июня 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 16 декабря 2040 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г. П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C22C 1/10 (2021.05); C22C 1/1005 (2021.05); C22C 1/026 (2021.05); C22C 21/12 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020141495, 16.12.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.12.2020Дата регистрации:
30.06.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.12.2020

(45) Опубликовано: 30.06.2021 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
СПГУ, Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Бажин Владимир Юрьевич (RU),
Алатгар Абоелкхаир Лоаи Абоелкхаир (RU),
Шариков Феликс Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский горный
университет» (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2639088 C1, 19.12.2017. RU
2538789 C1, 10.01.2015. CN 104120310 B,
15.06.2016. RU 2590429 C1, 10.07.2016. CN
104131196 B, 18.01.2017.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА, АРМИРОВАННОГО КАРБИДОМ БОРА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии и предназначено для изготовления композиционных материалов на основе алюминиевого сплава. Способ получения алюминиевого сплава, армированного карбидом бора, включает плавление алюминия и меди в графито-шамотном тигле в электрической печи сопротивления, введение в расплав при температуре от 850 до 950°C частиц карбида бора и механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти, при этом частицы карбида бора предварительно нагревают при температуре от 200 до 250°C в течение не

менее 20 минут, введение частиц в расплав осуществляют через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газаносителя, механическое замешивание осуществляют при скорости вращения лопасти мешалки от 250 до 350 об/мин, после чего расплав разливают в изложницы и проводят его принудительное охлаждение со скоростью от 10 до 25 град/мин. Изобретение направлено на повышение степени усвоения частиц карбида бора при снижении неоднородности микроструктуры получаемого сплава. 5 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C22C 1/10 (2021.05); *C22C 1/1005* (2021.05); *C22C 1/026* (2021.05); *C22C 21/12* (2021.05)

(21)(22) Application: **2020141495, 16.12.2020**

(24) Effective date for property rights:
16.12.2020

Registration date:
30.06.2021

Priority:

(22) Date of filing: **16.12.2020**

(45) Date of publication: **30.06.2021** Bull. № 19

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, SPGU,
Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Bazhin Vladimir Iurevich (RU),
Alattar Aboelkhair Loai Aboelkhair (RU),
Sharikov Feliks Iurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**

(54) **METHOD FOR PRODUCING ALUMINUM ALLOY REINFORCED WITH BORON CARBIDE**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy, composite materials.

SUBSTANCE: invention relates to the field of metallurgy and is intended for the manufacture of composite materials based on aluminum alloy. The method for producing an aluminum alloy reinforced with boron carbide includes melting aluminum and copper in a graphite-chamotte crucible in an electric resistance furnace, introducing boron carbide particles into the melt at a temperature of 850 to 950°C and mechanical mixing with a four-bladed titanium blade, while the boron carbide particles are preheated at a temperature of 200 to 250°C for at least 20 minutes,

introducing the particles into the melt through a feeder to the bottom of the crucible by blowing them using the carrier gas, mechanical mixing is carried out at a speed of rotation of the agitator blade from 250 to 350 rpm, after which the melt is poured into the molds and forced cooling is carried out at a speed of 10 to 25 degrees/min.

EFFECT: invention is aimed at increasing the degree of assimilation of boron carbide particles while reducing the heterogeneity of the microstructure of the resulting alloy.

1 cl, 5 ex

Изобретение относится к области металлургии, преимущественно к плавке и литью сплавов цветных металлов, и предназначено для изготовления композиционных материалов на основе алюминиевого сплава.

5 Известен способ получения алюминиевого сплава, армированного боридом лантана (заявка на патент Китая №102534314, опубл. 04.07.2012), включающий следующие стадии: плавление в плавильной печи технически чистого алюминия, кристаллического кремния, и лигатуры алюминий-бор при температуре от 800 до 1200°C с выдержкой от 5 до 10 минут, последующее добавление технически чистого лантана и выдержку в течение от 10 до 15 минут, рафинирование и разливку полученного сплава.

10 Недостатком технического решения является высокие безвозвратные потери лантана, а также его неравномерное распределение в полученном алюминиевом сплаве, поскольку в способе использован технически чистый лантан, после добавления которого, проводят его выдержку в сплаве в течение от 10 до 15 минут, в ходе которой лантан опускается на подину печи.

15 Известен способ получения алюминиевого композиционного сплава, (заявка на патент США № 2013189151, опубл. 25.07.2013), включающий ввод в расплав алюминия армирующих частиц посредством их вдувания с использованием газа-носителя одного из компонентов: бориды титана, карбида титана, ванадия или циркония, последующую выдержку при температуре от 750 до 1200°C в течение от 5 до 60 минут, разливку 20 полученного сплава и его кристаллизацию.

Недостатком технического решения является достаточно большие безвозвратными потери алюминия, а также ванадия и циркония, так как при получении алюминиевого композиционного сплава проводят выдержку при высоких температурах (до 1200°C) при времени выдержки до 60 минут.

25 Известен способ получения композиционного сплава на основе алюминия (заявка на патент Китая №1540019, опубл. 27.10.2004), включающий смешивание порошка алюминия, оксида титана и углерода, последующее измельчение порошков в планетарной мельнице, предварительный нагрев полученной смеси при температуре от 100 до 150°C в атмосфере аргона и последующий ее ввод в расплав алюминия при 30 температуре от 800 до 1200°C, выдержку расплава от 3 до 10 минут при непрерывном перемешивании, рафинирование, дегазацию и разливку полученного сплава в изложницы.

Недостатком известного технического решения является его многостадийность, поскольку в способе использованы предварительные энергоемкие операции: измельчение порошков после их смешивания, а также предварительный нагрев полученной смеси 35 в атмосфере аргона. Кроме того, описанный способ характеризуется достаточно большими безвозвратными потерями алюминия, так как при получении алюминиевого композиционного сплава проводят выдержку при высоких температурах (до 1200°C).

Известен способ получения литого композиционного материала на основе алюминиевого сплава (патент РФ №2353475, опубл. 27.04.2009), включающий 40 смешивание в размольно-смесительном устройстве порошков матричного компонента из алюминиевого сплава Al+3% Mg и армирующих дискретных керамических частиц карбида кремния, брикетирование смеси под давлением от 28 до 35 МПа и введение полученных брикетов в расплав алюминиевого сплава Al+3% Mg при температуре 850±10°C в количестве, необходимом для получения заданной концентрации 45 армирующих дискретных керамических частиц в указанном расплаве, после чего проводят выдержку в течение от 20 до 30 минут для протекания процессов распределения керамических частиц по объему расплава указанного алюминиевого сплава, затем осуществляют перемешивание и разливку.

Недостатком известного технического решения является его многостадийность, и сложность аппаратурного оформления, поскольку в способе использованы предварительные энергоемкие операции: смешивание порошков и брикетирование полученной смеси под давлением от 28 до 35 МПа. Кроме того, литой композиционный материал на основе алюминиевого сплава, полученный по описанному способу, может характеризоваться не равномерным распределением армирующих частиц, поскольку вводимые в расплав брикеты опускается на подину печи.

Известен способ получения композиционного материала на основе алюминиевого сплава, армированного карбидом бора B_4C (патент РФ №2639088, опубл. 19.12.2017), принятый за прототип, включающий плавление алюминия и меди технической чистоты в графито-шамотном тигле в электрической печи сопротивления, введение в расплав при температуре от 850 до 950°C частиц B_4C размером от 1 до 20 мкм путем механического замешивания со скоростью вращения 450 об/мин с помощью четырехлопастной титановой лопатки и заливки расплава в матрицу с последующей кристаллизацией под давлением от 50 до 200 МПа.

Недостатком известного технического решения является неравномерное распределение упрочняющих частиц карбида бора в полученном алюминиевом сплаве, поскольку при скорости вращения лопасти мешалки 450 об/мин возникают завихрения и налипание агломератов частиц на лопасти и боковые стенки тигля, а также возникают очаги скопления частиц карбида бора. Кроме того, способ характеризуется низким качественным переходом карбида бора в сплав от исходного содержания его при загрузке из-за резкого нагрева частиц при их вводе в расплав при температуре от 850 до 950°C.

Техническим результатом является повышение степени усвоения частиц карбида бора при снижении неоднородности микроструктуры получаемого сплава.

Технический результат достигается тем, что частицы карбида бора предварительно нагревают при температуре от 200 до 250°C в течение не менее 20 минут, после чего осуществляют их ввод в расплав через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, а после их ввода осуществляют механическое замешивание при скорости вращения лопасти мешалки от 250 до 350 об/мин, после проведения реакции расплав разливают в изложницы, после чего проводят его принудительное охлаждение со скоростью от 10 до 25 град/мин.

Способ осуществляется следующим образом.

В графито-шамотный тигель загружают слитки алюминия и меди, затем погружают тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляют предварительную подготовку частиц карбида бора посредством их нагрева при температуре от 200 до 250°C в течение не менее 20 минут. После чего в расплав при температуре от 850 до 950°C вводят предварительно подготовленные частицы карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, и после ввода осуществляют их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки от 250 до 350 об/мин. В качестве газа-носителя может быть использован инертный газ, например аргон или азот. После проведения реакции полученный расплав разливают в изложницы, после чего проводят его принудительное охлаждение со скоростью от 15 до 20 град/мин.

Температура, при которой происходит приготовление сплава, задана из диапазона от 850 до 950°C. Заданный диапазон температур объясняется устойчивым и равномерным распределением эвтектик Al-Cu. С понижением температуры ниже 850°C

не достигается повышение степени усвоения частиц карбида бора, а также не достигается их равномерное распределения из-за интенсивного формирования композиционного каркаса алюминиевой матрицы, который затрудняет распределения соседних частиц по всему объему расплава. При повышении температуры выше 950°C образуются очаги скопления и слипания частиц между собой, кроме того, при этой температуре возможен переход и образование карбида алюминия, что отрицательно сказывается на механических свойствах полученного сплава.

Предварительный нагрев частиц карбида бора при температуре от 200 до 250°C в течение не менее 20 минут осуществляют для повышения степени усвоения частиц карбида бора и образования каркаса в алюминиевой матрице. При нагреве частиц при температуре менее 200°C в течение менее 20 минут не происходит повышение степени усвоения частиц карбида бора и не происходит равномерное формирование кристаллитов из-за образования искаженного каркаса получаемого сплава. Кроме того, при нагреве менее 20 минут в полученном сплаве имеются очаги жидко-твердого состояния с нераспределенными структурами композитов. При нагреве при температуре более 250°C происходит разрушение и размывание микроструктур возле центров кристаллизации и частиц карбида бора.

Ввод частиц карбида бора в расплав через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя обеспечивает их дозированную подачу на лопасти мешалки и равномерное распределение частиц по объему расплава без их всплытия на поверхность и перехода в шлак, что также обеспечивает повышение степени усвоения частиц карбида бора.

Механическое замешивание проводят при скорости вращения лопасти мешалки от 250 до 350 об/мин, что обеспечивает повышение степени усвоения частиц карбида бора, а также получение равномерной структуры получаемого сплава. При скорости вращения лопасти мешалки менее 250 об/мин возникают зоны неравномерного распределения частиц карбида бора в микрообъемах. При скорости вращения лопасти мешалки более 350 об/мин возникают завихрения и налипание агломератов частиц на мешалку и боковые стенки тигля.

Принудительное охлаждение полученного сплава, разлитого в изложницы, со скоростью от 10 до 25 град/мин осуществляют для снижения неоднородности микроструктуры получаемого сплава. При скорости охлаждения менее 10 град/мин проявляется неоднородность структуры, связанная с образованием крупных зерен по краю заготовки в местах контакта тигля и расплава, при скорости охлаждения более 25 град/мин неравномерность связана с тем, что формирующиеся с большей скоростью интерметаллидные соединения разрезают иглообразными фазами алюминиевую матрицу.

Способ поясняется следующими примерами.

Пример 1

В графито-шамотный тигель загружали слитки алюминия 237 гр. и меди 13 гр., затем погружали тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляли предварительную подготовку частиц карбида бора 20 гр. посредством их нагрева при температуре 200 в течение 20 минут. После чего в расплав при температуре 850°C вводили предварительно подготовленные частицы карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, после чего осуществляли их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки 250 об/мин. После проведения реакции полученный расплав разливали в изложницы, и проводили его принудительное охлаждение со скоростью 15 град/мин.

Технологические условия обеспечивают качественный переход карбида бора в сплав 97,1% от исходного содержания его при загрузке, при этом полученный сплав характеризуется однородностью микроструктуры.

Пример 2

5 В графито-шамотный тигель загружали слитки алюминия 237 гр. и меди 13 гр., затем погружали тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляли предварительную подготовку частиц карбида бора 20 гр. посредством их нагрева при температуре 225 в течение 22 минут. После чего в расплав при температуре 900°C вводили предварительно подготовленные частицы

10 карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, после чего осуществляли их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки 300 об/мин. После проведения реакции полученный расплав разливали в изложницы, и проводили его принудительное охлаждение со скоростью 20 град/мин.

15 Технологические условия обеспечивают качественный переход карбида бора в сплав 96,7% от исходного содержания его при загрузке, при этом полученный сплав характеризуется однородностью микроструктуры.

Пример 3

20 В графито-шамотный тигель загружали слитки алюминия 237 гр. и меди 13 гр., затем погружали тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляли предварительную подготовку частиц карбида бора 20 гр. посредством их нагрева при температуре 250°C в течение 24 минут. После чего в расплав при температуре 950°C вводили предварительно подготовленные частицы карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием

25 газа-носителя, после чего осуществляли их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки 350 об/мин. После проведения реакции полученный расплав разливали в изложницы, и проводили его принудительное охлаждение со скоростью 25 град/мин.

30 Технологические условия обеспечивают качественный переход карбида бора в сплав 96,5% от исходного содержания его при загрузке, при этом полученный сплав характеризуется однородностью микроструктуры.

Кроме того, приведены примеры реализации предлагаемого способа, при технологических параметрах, взятых за пределами заявленных диапазонов.

Пример 4

35 В графито-шамотный тигель загружали слитки алюминия 237 гр. и меди 13 гр., затем погружали тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляли предварительную подготовку частиц карбида бора 20 гр. посредством их нагрева при температуре 180°C в течение 18 минут. После чего в расплав при температуре 800°C вводили предварительно подготовленные частицы

40 карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, после чего осуществляли их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки 200 об/мин. После проведения реакции полученный расплав разливали в изложницы, и проводили его принудительное охлаждение со скоростью 8 град/мин.

45 Технологические условия не обеспечивают качественный переход карбида бора в сплав, при этом полученный сплав характеризуется низкой однородностью микроструктуры.

Пример 5

В графито-шамотный тигель загружали слитки алюминия 237 гр. и меди 13 гр., затем погружали тигель в электрическую печь сопротивления с целью расплавления слитков. Параллельно с этим осуществляли предварительную подготовку частиц карбида бора 20 гр. посредством их нагрева при температуре 280°C в течение 15 минут. После чего в расплав при температуре 1000°C вводили предварительно подготовленные частицы карбида бора через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, после чего осуществляли их механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти при скорости вращения лопасти мешалки 400 об/мин. После проведения реакции полученный расплав разливали в изложницы, и проводили его принудительное охлаждение со скоростью 30 град/мин.

Технологические условия не обеспечивают качественный переход карбида бора в сплав из-за большого количества перехода частиц в шлак.

Таким образом, как показано в описании, в предлагаемом техническом решении созданы технологические условия для повышения степени усвоения частиц карбида бора с получением слитков сплава с однородной микроструктурой и равномерное распределение упрочняющих частиц карбида бора в алюминиевой матрице без ликвации.

(57) Формула изобретения

Способ получения алюминиевого сплава, армированного карбидом бора, включающий плавление алюминия и меди в графито-шамотном тигле в электрической печи сопротивления, введение в расплав при температуре от 850 до 950°C частиц карбида бора, механическое замешивание с помощью четырехлопастной титановой лопасти, отличающийся тем, что частицы карбида бора предварительно нагревают при температуре от 200 до 250°C в течение не менее 20 минут, после чего осуществляют их ввод в расплав через питатель на дно тигля посредством их вдувания с использованием газа-носителя, а после их ввода осуществляют механическое замешивание при скорости вращения лопасти мешалки от 250 до 350 об/мин, после проведения реакции расплав разливают в изложницы, после чего проводят его принудительное охлаждение со скоростью от 10 до 25 град/мин.